



HAL
open science

Oscillateurs optiques hyper-paramétriques stabilisés par une boucle de contre-réaction Pound-Drever-Hall

Napoléon Gutierrez, Olivier Llopis, Arnaud Fernandez, Gilles Bailly

► To cite this version:

Napoléon Gutierrez, Olivier Llopis, Arnaud Fernandez, Gilles Bailly. Oscillateurs optiques hyper-paramétriques stabilisés par une boucle de contre-réaction Pound-Drever-Hall. Journée du Club Optique Microondes (JCOM 2018), Jul 2018, Toulouse, France. 2p. hal-01926238

HAL Id: hal-01926238

<https://hal.science/hal-01926238>

Submitted on 23 Nov 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Oscillateurs optiques hyper-paramétriques stabilisés par une boucle de contre-réaction Pound-Drever-Hall

Napoléon Gutierrez, Olivier Llopis, Arnaud Fernandez, Gilles Bailly
LAAS-CNRS 7 Avenue du Colonel Roche, 31400 Toulouse, France

Un oscillateur optique hyper-paramétrique permet la génération de peignes de fréquences optiques à partir d'un signal optique monochromatique. Nous présentons ici un montage d'oscillateur hyper-paramétrique optique basé sur l'excitation de peignes Kerr dans des résonateurs optiques en verre HYDEX à fort indice de réfraction et compatible avec les technologies CMOS. Les résonateurs optiques permettent de favoriser les non-linéarités optiques par le biais de l'accumulation de puissance intra-cavité. En régime de dispersion d'ordre 2 négative et avec des puissances optiques assez élevées il est possible de déclencher la génération d'harmoniques par amplification paramétrique. Notre montage consiste à accorder un laser DFB avec une résonance d'une cavité optique de manière à faire circuler de fortes densités de puissance optique dans un milieu non-linéaire favorable à la génération de peignes Kerr.

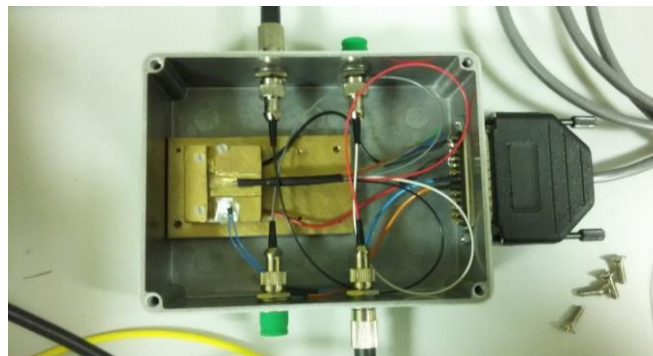


Figure 1. Résonateur en verre HYDEX (Collaboration Hong Kong city University) intégré dans une puce avec fibres optiques d'accès. La puce est montée dans un étage de thermalisation.

Une difficulté que nous retrouvons pour mettre en place nos oscillateurs hyper-paramétriques est l'instabilité de la fréquence de résonance des cavités par rapport aux fluctuations thermiques qui est due aux fortes densités de puissance qui circulent dans les cavités. Les effets Kerr optique et thermo-optique modifient la position du pic de résonance et rendent difficile et instable l'accord manuel en fréquence du laser pompe sur la résonance de nos cavités. Une tentative de stabilisation de la température des résonateurs nous a menés à les fixer dans des boîtiers thermalisés comme le montre la figure 1 pour le résonateur 50 GHz.

Une méthode de verrouillage thermique a déjà été mise en place en référence [1]. Cette méthode consiste à accorder le laser avec la résonance de la cavité en balayant lentement la fréquence du laser en allant des hautes vers les basses fréquences de manière à suivre la dérive de la fréquence de résonance de la cavité qui, elle, se décale vers les basses fréquences par effet Kerr optique et Thermo-optique lors de l'accumulation de puissance optique dans le résonateur. Dans notre expérience, le verrouillage thermique ne nous a pas permis de maintenir stable le verrouillage en fréquence du laser sur la résonance de la cavité. Cette difficulté est encore plus marquée quand on augmente notre puissance de pompe. Nous avons donc opté pour l'implémentation d'une boucle de Pound Drever Hall (PDH) de contre-réaction active de la fréquence du laser pompe par rapport à la fréquence de résonance de la cavité [2]. Le schéma détaillé du dispositif expérimental est présenté en figure 2.

Nous présentons en figure 3 les spectres générés à partir de nos deux résonateurs HYDEX. Les deux cavités sont caractérisées par des Intervalles spectrales libres (ISL) de 50 GHz et 200 GHz ; et des facteurs de qualité $Q=1,1 \cdot 10^6$ et $Q=0,9 \cdot 10^6$ respectivement.

**Journée du Club
ISAE-Supaero
Toulouse
2 Juillet 2018**

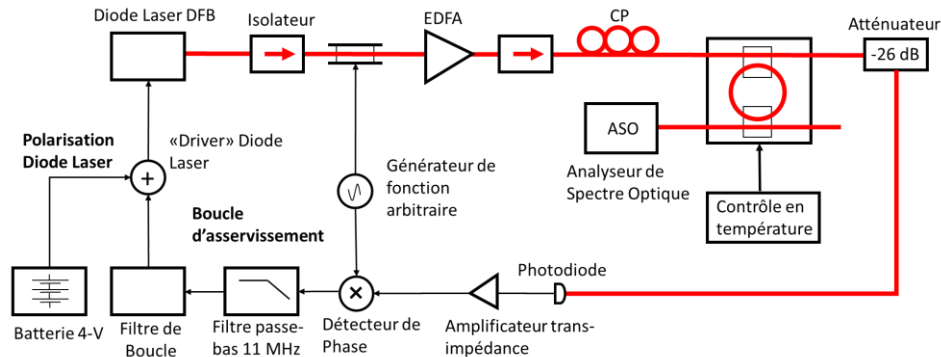


Figure 2. Schéma de l'asservissement en fréquence du laser de pompe permettant la génération de peignes de fréquences optiques par oscillation hyper-paramétrique. (EDFA : Amplificateur optique à fibre dopée Erbium ; CP : Contrôleur de polarisation)

Nous utilisons une puissance de pompe de 30 dBm pour exciter le peigne obtenu à partir du résonateur 50 GHz et une puissance de pompe de 28 dBm pour exciter le peigne obtenu à partir du résonateur 200 GHz. Avec l'aide de la boucle de contre-réaction active PDH, ces spectres sont facilement répétables avec des puissances assez élevées pour exciter des harmoniques. Cette méthode nous permet de maintenir le verrouillage du signal de pompe avec la fréquence de résonance de nos cavités optiques pendant une durée de temps indéterminée.

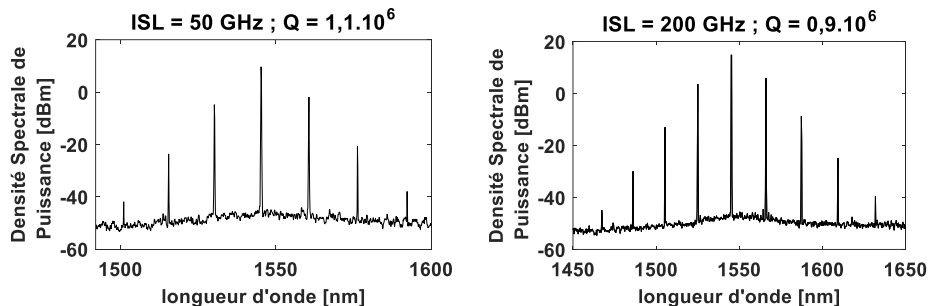


Figure 3. Densités spectrales de puissance des signaux générés à partir de nos deux résonateurs HYDEX.

L'espacement fréquentiel des peignes optiques est de 15 nm pour le résonateur 50 GHz et de 20 nm pour le résonateur 200 GHz. La puissance de seuil est plus basse pour le résonateur 200 GHz malgré un facteur de qualité légèrement plus faible du fait d'un indice de réfraction et d'un coefficient de non-linéarité Kerr du résonateur plus élevés, mais également à cause d'une densité de puissance plus élevée (résonateur de taille réduite). L'augmentation du coefficient non-linéaire explique aussi l'apparition d'harmoniques à une longueur d'onde plus éloignée de la longueur d'onde du laser de pompe. Toutefois, un déclenchement de peignes avec un pas micro-onde, c'est-à-dire d'une raie par ISL, n'a pas encore été possible pour le moment avec ces résonateurs.

L'implémentation d'une boucle de contre réaction PDH pour verrouiller un laser à une cavité en HYDEX compatible CMOS permet la génération répétable de peignes de fréquences optiques. Le problème à ce stade est la forte puissance nécessaire pour le déclenchement des peignes (de l'ordre du watt) et la difficulté qui en découle pour l'obtention de régimes d'oscillations avec un grand nombre de raies (régime soliton par exemple).

Références :

- [1] L. Razzari *et al.*, « CMOS-compatible integrated optical hyper-parametric oscillator », *Nat. Photonics*, vol. 4, n° 1, p. 41, n°45, janv. 2010.
- [2] R. W. P. Drever *et al.*, « Laser phase and frequency stabilization using an optical resonator », *Appl. Phys. B Photophysics Laser Chem.*, vol. 31, n° 2, p. 97-105, juin 1983.